



ТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ – СОФИЯ

**Факултет по транспорта
Катедра Въздушен транспорт**

Маг. инж. Мария Манолова Петкова

**ОРГАНИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ НА ВЪЗДУШНОТО ДВИЖЕНИЕ
В УСЛОВИЯ НА ВУЛКАНИЧНО ЗАМЪРСЯВАНЕ**

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

на дисертация за придобиване на образователна и научна степен
"ДОКТОР"

Област: 5. Технически науки

Професионално направление: 5.5 Транспорт, корабоплаване и авиация

Научна специалност: Навигация, управление и експлоатация на въздушния
транспорт

**Научен ръководител: доц. д-р Валентин Илиев
доц. д-р Николай Рачев**

СОФИЯ, 2018 г.

Дисертационният труд е обсъден и насочен за защита от Катедрения съвет на катедра „Въздушен транспорт“ към Факултет по транспорта на ТУ-София на редовно заседание, проведено на 26.06.2018 г..

Публичната защита на дисертационния труд ще се състои на 13.11.2018 г. от 15:00 часа в Конферентната зала на БИЦ на Технически университет – София на открито заседание на научното жури, определено със заповед № ОЖ-255 / 19.07.2018 г. на Ректора на ТУ-София в състав:

1. доц. д-р Валентин Илиев – председател
2. доц. д-р Пламен Петров – научен секретар
3. чл. кор. проф. д-р Петър Гецов
4. проф. д-р Димитър Сираков
5. доц. д-р Румен Ячев

Рецензенти:

1. проф. д-р Димитър Сираков
2. доц. д-р Пламен Петров

Материалите по защитата са на разположение на интересуващите се в канцеларията на Факултет Транспортен факултет на ТУ-София, блок № 9, кабинет № 9310.

Дисертантът е задочен докторант към катедра „Въздушен транспорт“ на Транспортен факултет. Изследванията по дисертационната разработка са направени от автора, като някои от тях са подкрепени от научно-изследователски проекти.

Автор: маг. инж. Мария Петкова

Заглавие: Организация и управление на въздушното движение в условия на вулканично замърсяване

Тираж: 30 броя

Отпечатано в ИПК на Технически университет – София

I. ОБЩА ХАРАКТЕРИСТИКА НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Актуалност на проблема

Влиянието на вулканична пепел върху полетите на въздухоплавателните средства придобива авиационна значимост в началото на 80-те години на XX век. В този период са регистрирани множество случаи, с предпоставки за авиационни произшествия, при попадане на самолети във вулканични облаци.

По статистика на геологическото дружество на САЩ от 1973г. до 1990 г. средно годишно са регистрирани от 5 до 10 случая, като през 1991 г. има рязък скок с регистрирани 25 случая.

Затварянето на въздушното пространство в Европа, в резултат от изригването на вулкана Ейяфятлайокутл (Ейяфа) от 14 април 2010 г., доведе до нарушаване на нормалната работа на редица летища и наруши графика на над 100 хиляди полета, като засегна над 10 милиона пътници.

Цел на дисертационния труд, основни задачи и методи за изследване

Изригването на вулкана Ейяфятлайокутл доведе до затваряне на въздушното пространство в Европа и показва необходимостта от създаване на координация на международно ниво и регулиране на европейското въздушно пространство в условия на кризи, свързани с природните и индустриални рискове. Кризата от 2010г. показва, че е необходим интегриран план на общоевропейско равнище за случаите, при които въздушният транспорт трябва да бъде заменен с други видове транспорт.

Целите на настоящият дисертационен труд са следните:

- Повишаване на културата на безопасност, свързана с въздействието на вулканичната пепел върху организацията и управлението на полетите.
- Определянето на количествени и качествени индикатори, свързани с оценката на риска за въздействие на вулканичната пепел върху функционалната система на безопасност, за предоставянето от ДП РВД Аеронавигационно обслужване (АНО).

Във тази връзка за постигане на целите, поставени в настоящата работа, са дефинирани следните задачи:

Първа задача:

Да се анализира авиационната значимост на вулканичната пепел и методите за идентификация и прогноза на дисперсията на вулканична пепел в атмосферата.

Втора задача:

Да се направи комплексен риск анализ на въздействието на вулканичната пепел върху организацията и управлението на полети за контролираното въздушно пространство на Р България.

Да се анализира риска за намаляване на секторния капацитет на въздушното пространство при вулканично замърсяване, чрез изготвянето на детайлни оценки за възможните източници на замърсяване с вулканична пепел и типовете атмосферна циркулация, подходящи за пренос на замърсителя, към изследвания район.

Трета задача:

Да се разработят и анализират най-вероятните сценарии на възможно замърсяване на контролираното въздушно пространство на страната.

Да се определят времевите периоди за реакция, за намаляване на въздействието от оторизираните органи, чрез оценката на риска за четирите най-рискови сценарии (във времеви аспект) на преноса на вулканична пепел към изследвания район.

Четвърта задача:

Да се разработи концептуален модел за създаване на организация и управление в условия на вулканична пепел.

Да се установят нивата за вземане на решение по компетентност на националните органи и действията за намаляване на риска на стратегическо, тактическо и оперативно ниво.

Да се разработи подход за въвеждането на оперативни процедури в дейността на ДП РВД.

Научна новост

В дисертационния труд е представен концептуален модел за разработването на „Национална стратегия за организация и управление на въздушното движение в условия на вулканично замърсяване“.

Направена е оценка на риска от вулканично замърсяване на контролираното въздушно пространство на Р България чрез иновативна матрица на риска за системата на Управление на Въздушното Движение (УВД). Оценени и класифицирани са източници на вулканична пепел за контролираното въздушно пространство. Разгледани са най-критичните сценарии за пренос на вулканична пепел към изследвания район. Определено е времето за реакция на стратегическо, тактическо и оперативно ниво, необходимо за създаване на организация за намаляване въздействието на вулканичната пепел върху авиационния трафик.

Със средствата на численото моделиране са установени количествени критерии за възможно отлагане на вулканична пепел върху земната повърхност и е направен анализ на зоните и летищата, които биха били засегнати в този процес. Анализирани са авиационния трафик по схемите за долитане и отлитане за и от тези летища.

Практическа приложимост

Основен приоритет свързан с безопасността в условия на вулканична пепел на национално ниво е разработване и внедряване в оперативната практика за изпълнение на „Национална стратегия за организация и управление на въздушното движение в условия на вулканично замърсяване“ в ДП РВД.

Апробация

Чрез предложения концептуален модел за създаване на организация и управление на въздушното движение в условия на вулканично замърсяване и установените нивата по компетентност, се предлагат действия за намаляване на риска на стратегическо, тактическо и оперативно ниво. Предлага се подход за въвеждането на оперативни процедури в дейността на ДП РВД чрез дърво за вземане на решение по

компетентност. Изготвена е контролна карта приложима към Интегрираната система за управление (ИСУ) въведена в ДП РВД.

Публикации

Основни постижения и резултати от дисертационния труд са публикувани в седем статии, като четири са като самостоятелен автор, а три като първи автор и участие с постер в научна сесия.

Структура и обем на дисертационния труд

Дисертационният труд е в обем от двеста тридесет и седем страници, като включва увод, пет глави за решаване на формулираните основни задачи, списък на основните приноси, списък на публикациите по дисертацията и използвана литература. Цитирани са общо четиридесет и два литературни източници, като тридесет и девет са на латиница и три на кирилица, а останалите са интернет адреси. Работата включва общо седемдесет и осем фигури, четиридесет и пет таблици, четиридесет и три графики, една схема и две снимки. Номерата на фигурите, таблиците, графиките, схемата и снимките в автореферата съответстват на тези в дисертационния труд.

II. СЪДЪРЖАНИЕ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

ГЛАВА 1. Авиационна значимост на вулканичната пепел и вулканичните облаци върху ВС. Анализ на възможните поражения върху корпуса и електронно-приборното оборудване.

I. Същност на въздействието на вулканичната пепел върху реактивните двигатели на ВС, планера и системите на въздухоплавателни средства

От 1980 до 2004г. повече от 100 въздухоплавателни средства (ВС) попадат в облаци от вулканична пепел. В тези случаи са регистрирани откази на двигатели на разстояния от 150 до 600(морски) мили (270km до 1080 km) от вулканичното изригване. Повреди по корпуса на ВС са регистрирани и докладвани на разстояния до 1800 мили от източника на вулканична пепел.

Химичният състав на вулканичната пепел и формираната вулканична облачност съдържа различна по размери вулканична пепел и вулканични газове. Вулканичната пепел е съставена от различни по форма и размери вулканични пепелни частици, в преобладаващата част от случаите с висока плътност и неправилна форма, обуславяща силно абразивния и характер.

На база на фактически данни от попаднали в облак от вулканична пепел самолети и експериментално проведени изследвания в лабораторни условия са установени три основни групи повреди класифицирани в таблица 1.1 съобразно степента на риска.

Въздействието на вулканичната пепел върху наземната дейност на летищата е свързан с възможно отлагане на пепел върху пистите за излитане и кацане, както и върху ВС. Осигуряването на допълнителна защита на въздухоплавателните средства на земната повърхност е една от мерките за защита. Другите са свързани с влошаване на спирачния ефект на пистите за излитане и кацане поради сухо или мокро отлагане на вулканична пепел както и на показанията на електронно приборното оборудване, поради произвеждането на разряд върху корпуса.

II. Класификация на основните групи повреди от вулканична пепел върху ВС

Статистически анализ на данни за контакти на въздухоплавателни средства с вулканична пепел в атмосферата за наличие подавани от екипажите на ВС, чрез стандартизирани доклади са систематизирани в база данни от Геологическото дружество на САЩ (USGS). За първи път са официализирани и предоставени за използване от ИКАО през 1994 г., а впоследствие през 2010г. са публикувани официално. Данните за контакт с вулканична пепел са систематизирани за период от 1953г. до 2009г.

Показателят за степен на поражението (Severity) за ВС, вследствие на контакт с облаци от вулканична пепел, е формулиран с цел въвеждането на количествена и качествена оценка на риска от въздействието. В него са определени и критериите, които са включени във всеки клас и са базирани на доклади от фактически контакти. Класовете на поражение са систематизирани в шест групи с ясно дефинирани критерии за оценка (Таблица 1.1).

За целите на дисертационния труд са направени някои статистически оценки на посочената база данни. В поредица от графики са показани разпределението на класовете на поражение (граф.1.1), разпределението на класовете на поражение към

индекса на вулканична експлозивност VEI (граф.1.2) , разпределението на класовете на поражение спрямо времето на експозиция (граф.1.3).

Таблица 1.1 Класификация на класовете на поражение

Клас на поражение/SEVIRITY	Критерии
Клас на поражение 0	Остър мирис в кабината на екипажа; Електростатични разряди на предното стъкло, носовата част на фюзелажа ; Отсъствие на съществени повреди на външната или вътрешна повърхност на ВС
Клас на поражение 1	Лека димна пелена в кабината; не се налага използване на кислородни маски; колебания в температурата на изходните газове (EGT) с възвръщане към нормални стойности.
Клас на поражение 2	Силна задименост в кабината на екипажа; Замърсяване на системите за кондициониране на въздуха, което налага допълнително използване на кислородни маски; Абразивно изтриване на външната повърхност на ВС, входния апарат и лопатките на компресора; Абразивно изтриване или напукване на стъклото под въздействието на пепелта; Незначително запушване на системите за въздушни сигнали без да влияе на показанията на уредите; Наслояване на пепел върху лопатките по целия контур на двигателите; Вибрация на двигателите от разсъгласуване; ”помпаж „ на двигателите; Запушване на системите за пълно и статично налягане, водещи до погрешни показания на приборите; Замърсяване на течността в хидросистемата; Повреда е електрическата система; Повреда на двигателите
Клас на поражение 4	Временен отказ на двигателите изискващ повторно запускане;
Клас на поражение 5	Отказ на двигателите и други аварии водещи до катастрофа

Минимален риск



Значим риск



Критичен риск



Височината, на дисперсия на вулканичната пепел, в 68% от случаите, е свързана с полетни нива над FL250, или нива свързани с фазата на полет на асоциирана с крейсерски ешелон.

По регистрираните случаи във фаза на снижение/набор на височина, докладите са 31%

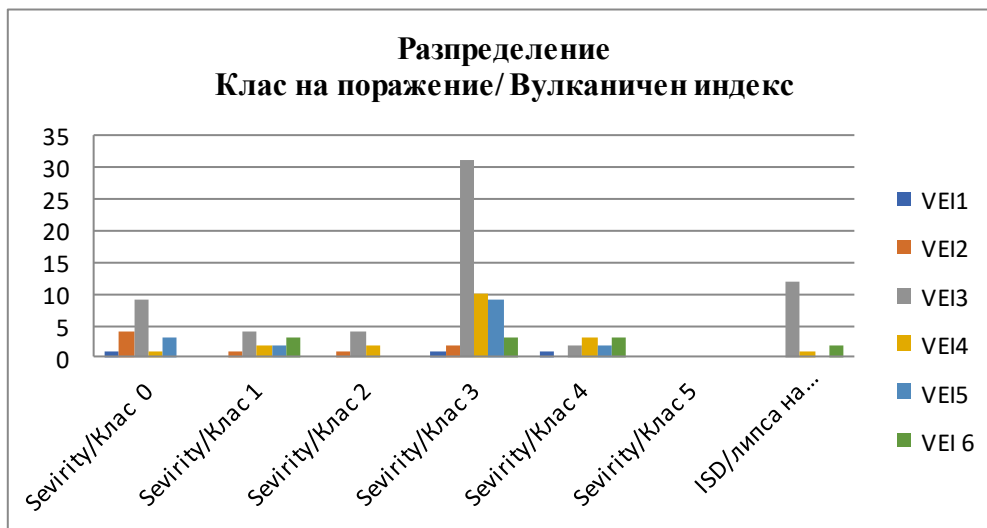
от всички регистрирани и само 10% са за случаите на взаимодействие са във фазата на излитане и кацане. Данните са представени на графика 1.4.

За клас на поражение 1, два от случаите са свързани с лека димна пелена в пилотската система, а в един от случаите са наблюдавани колебания в температурата на изхвърлените газове.

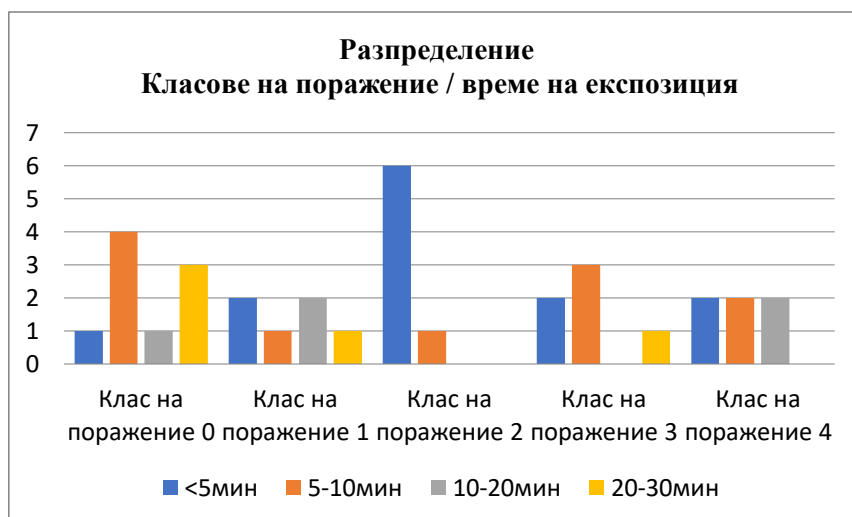
На графика 1.5 е представено разпределението на класовете на поражение спрямо разстоянието до източника на вулканична пепел по данни от регистрираните доклади към 2009г. Регистрираните случаи на разстояния по-големи от 1000km представляват 16% от всички регистрирани, като преобладават тези с клас на поражение 0 - 52% .



Графика 1.1 Разпределението на класовете на поражение

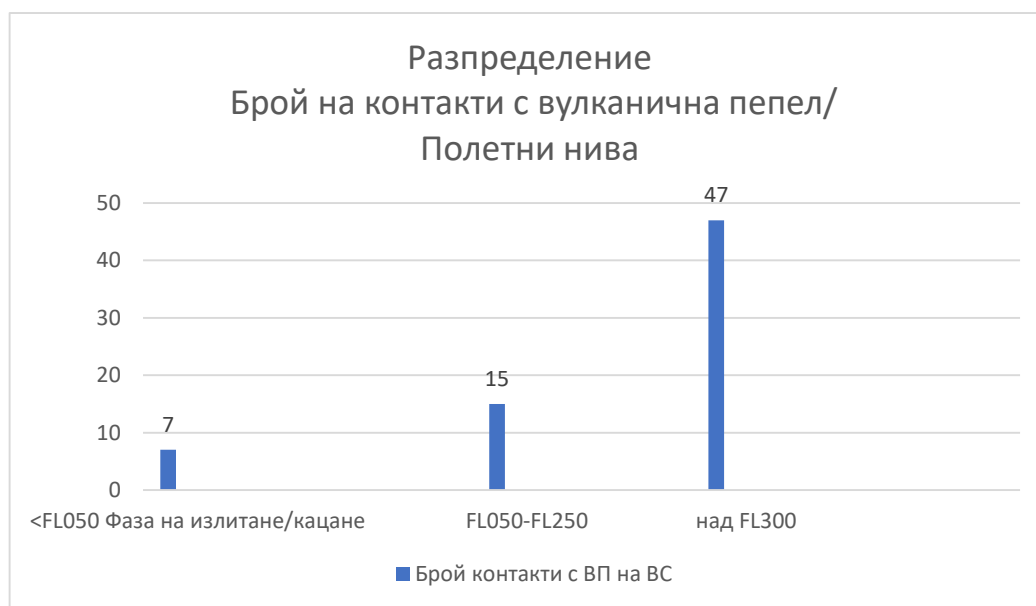


Графика 1.2 Разпределение на класовете на поражение към индекса на вулканична експлозивност VEI



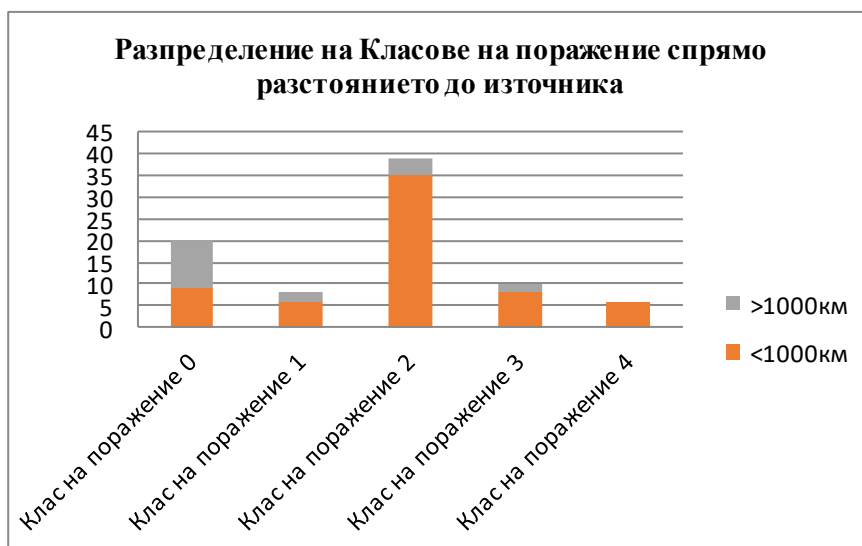
Графика 1.3 Разпределение класове на поражение/време на експозиция

За контакти на разстояния по-малки от 1000km, най-висок е процента на регистрирани случаи на клас на поражение 2 с 54%.
Най-много от случаите са регистрирани със самолет „Боинг-747”-26 случая. Данните са представени в графика 1.6.



Графика 1.4 Разпределение Брой контакти/ Полетни нива

Останалите случаи със степен на поражение клас 4 са регистрирани на самолети C-130. Интересен е сегмента на Boeing срещу Airbus в глобален мащаб, особено за полетите в Тихоокеанския район - в случая на контакти с вулканична пепел в глобален мащаб- 46 срещу 7.



Графика 1.5 Разпределение класове на поражение/разстояние до източника

Изводи към Глава 1:

1. Най-много случаи на контакт на ВС с облаци от вулканична пепел са нанесли поражения с клас на поражение 2 – 53 случая. Случаите с клас на поражение 0 са 22 случая , 16 от контактите са с клас на поражение 3, два пъти по-малко са случаите - 9 с клас на поражение 4. В 15 от докладите за взаимодействие са класифицирани в отделна група свързана с липса на достатъчно информация за класификация ISD. Най-малко са случаите с клас на поражение 1-общо 12 броя.
Разпределението на класовете на поражение спрямо разстоянието до източника на вулканична пепел показва, че класовете на поражение с по-голяма степен на сериозност са значими на разстояния до 1000км и намаляват с отдалечаване от източника. Независимо от по-големите разстояния са регистрирани взаимодействия с класове от 0 до 2.
2. Регистрираните случаи на разстояния по-големи от 1000km представляват 16% от всички регистрирани, като преобладават тези с клас на поражение 0 - 52% .
3. Височината, на която е наблюдавана вулканичната пепел, в 68% от случаите, е свързана с полетни нива над FL250, или нива свързани с фазата на полет на крейсерски ешелон.
4. По регистрираните случаи във фаза на снижение/набор на височина, докладите са 31% от всички регистрирани и само 10% са за случаите са във фазата на излитане и кацане.
5. Най-много от случаите на взаимодействия с вулканична пепел са регистрирани със самолет „Боинг-747”-26 случая от общо 82 регистрирани или 30% от всички случаи.

ГЛАВА 2. Преглед на методите за анализ на риска. Особености на анализа на риска на природни източници. Разработване на методика за анализ и оценка на риска за вулканично изригване.

I. Оценка на риска за вулканично изригване и последствията от него.

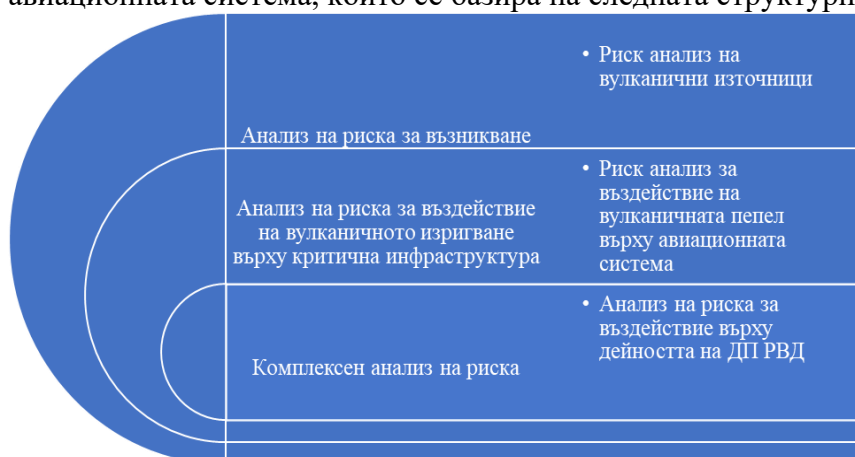
В първата част на глава 2 са описани методи за оценка на риска и е направен преглед на най-често прилаганите от тях. Разгледани са последните иновации в

авиационния бранш свързани с нов подход в развитието на авиационната система по програмите SESAR и NEXTGEN, като са описани част от методите за оценка на риска, прилагани в някои от техните проекти. Направен е обзор на методите за оценка на риска, както и класификация, свързана с нивата на управление и етапите за вземане на решение. Посочени са тези, с най-голямо приложение в авиационния бранш. Детайлно са описани методите за оценка на риска, с цел избор на подходящ за оценка на дисперсията на вулканична пепел и възможните сценарии за пренос към изследвания район. Във връзка с посочените методи е и предложено разширяване на спектъра от метеорологични явления разглеждани в процеса на анализ на риска за NextGen.

Във втората част от глава 2 е направен анализ на възможните източници на вулканична пепел за изследвания район. Основна цел на този етап, от общата схема на процеса на управление на риска, е разкриването на логическата връзка между отделните събития, водещи към възникването на конкретна опасност, свързана с вулканично замърсяване на изследвания район.

Таблица 2.1 – Скала(клас) на сериозност на риска					
ЕФЕКТ	РИСК 5= КАТАСТРОФА ЛЕН	РИСК 4= КРИТИЧЕН	РИСК 3= ВЪЗМОЖЕН	РИСК 2= МИНИМА- ЛЕН	РИСК 1= НЕЗНАЧИТЕЛ ЕН
ЗАСЕГНАТА СИСТЕМА					
УПРАВЛЕНИЕ НА ВЪЗДУШНОТО ДВИЖЕНИЕ	Условия свързани с тотално затваряне на въздушно пространство свързани с наличие на вулканична пепел	Условия свързани с значително намаляване на секторния капацитет свързани с наличие на вулканична пепел /	Условия свързани с незначително намаляване на секторния капацитет свързани с наличие на вулканична пепел в контролираното въздушно пространство и съседни въздушни пространства	Условия свързани с минимално намаляване на секторния капацитет свързани с наличие на вулканична пепел в контролираното въздушно пространство на съседни въздушни пространства	Условия свързани с наличие на вулканична пепел в контролираното въздушно пространство достатъчно отдалечени от изследваното
УСЛОВИЯ ЗА ПОЛЕТИ	ВС оперира с висок риск от неизправност и/или в опасна замърсена с вулканична пепел среда /	ВС оперира в изправност, но в опасна потенциално опасна с вулканична пепел среда	ВС оперира в изправност, в слабо замърсена с вулканична пепел, но безопасна среда/	ВС оперира в изправност, в близост до слабо замърсена с вулканична пепел, но безопасна среда	Повишаване на надеждността на самолета, но без да се засяга летателна годност или безопасност на експлоатационната среда
	'High contamination' volcanic ash mass concentration $\geq 4 \text{ mg/m}^3$.	'Medium contamination' volcanic ash mass concentration $>2 \text{ to } <4 \text{ mg/m}^3$.	'Low contamination' volcanic ash mass concentration $(\geq 0.2 \text{ to } \leq 2 \text{ mg/m}^3$.	-	-

Разработен е следния концептуален модел за анализ на влиянието на вулканичната пепел върху авиационната система, който се базира на следната структурна схема:



Фигура 2.4 Концептуален модел за анализ на влиянието на вулканичната пепел върху авиационната система

Чрез построяване на Дървото на събитията за хипотетично изригване на даден вулкан, представения концептуален модел се визуализира като една сложна многомерна система, включваща на първоначалния етап - анализ на вулканичното изригване с всички негови характеристики - вид, продължителност, обем на вулканичната маса и концентрацията на вулканична пепел. Вторият основен анализ в нея е свързан с видовете атмосферна циркулация и преобладаващите метеорологични условия, предполагащи пренос към изследвания район.

Базирана на комплексността на изследването в оценка на риска се прилагат различни техники и методи за оценки на индивидуалните етапи в комплексния анализ. Примерно дърво на събитията е дадено на фигура 2.8.

Чрез направените оценки е дефинирана скала за степента на риска и е предложена иновативна матрица на риска за влиянието на вулканичната дейност върху управлението на въздушното движение. Към момента на изследването скала на риска по отношение на влиянието на вулканичната пепел върху организацията и управлението на въздушното пространство не е изготвяна и прилагана в оперативната практика.

Ето защо чрез експертна оценка и използване на практики, прилагани при сходни с ефекта на замърсяването атмосферни явления, както и влиянието им върху организацията на въздушното движение, се предлага скала на риска по отношение на организацията на въздушното движение при криза с наличие на вулканична пепел (Таблица 2.1).

В създадената скала на сериозност на риска (матрица на риска) за възможно вулканично замърсяване на контролираното въздушно пространство за организацията и управлението на полети в условия на вулканична пепел са задени качествени оценки на възможната ситуация. Качественият критерий е свързан с капацитета, в процентно отношение, на използваното въздушно пространство. Може да се отбележи, че по отношение на натовареност на отделните сектори съществуват количествени критерии, които са на база брой обслужени ВС на час.

Матрицата за скала на риска е нормирана на базата на вече регистрирано вулканично изригване (2010г.) и направен детайлен анализ на последствията от него.

В таблица 2.2 е дадена оценката на риска заедно с мерките за намаляване на въздействието от вулканично замърсяване на стратегическо, тактическо и оперативното ниво.

Таблица 2.2 Степен на риска	Оценка на степента на риска	Мерки за намаляване на риска
Червено 50%-100%	HIGH RISK – IMMINENT DANGER. Значим риск Непосредствена заплаха. Неприемлив риск.	Изисква най-висока степен на разследване и оценка на въздействието с незабавни и бързи действия за намаляване на риска и снижаване до безопасно приемливи граници. Изисква мерки на стратегическо ниво в схемата на отговорност за влияние върху авиационната система.
Оранжево 25%-50%	SERIOUS RISK – Критичен риск Сериозна опасност. Неприемлив риск.	Изисква разследване, ресурси и навременни корективни действия за намаляване на нивото на риска. Необходимо е създаване на приемливи контролни механизми, политики или процедури, които да осигуряват адекватно управление или смекчаване на риска. Изисква мерки на стратегическо ниво в схемата на отговорност за влияние върху авиационната система.
Жълто 10%-25%	MODERATE RISK – Вероятен риск. Условно приемлив	Може да бъде приемливо при преглед и оценка на стратегическо ниво. Изисква проследяване и вероятни действия. Възможно е създаването на приемливи политики и процедури на оперативно ниво, но е необходимо подобрение в оперативните процедури и наръчници
Синьо 5%-10%	MINOR RISK – Минимален риск. Условно приемлив	Може да бъде приемливо при преглед от подходящ орган на тактическо ниво. Изисква проследяване и възможни действия на оперативно ниво. Има приемливи политики и процедури, но е възможно подобрение. .
Зелено 1%-5%	LOW RISK – Незначителен риск. Приемлив риск	Рискът се счита за приемлив без необходимост от по-нататъшни действия на оперативно ниво.

Като базови са използвани данните от вулканичното изригване през 2010 г. довело до безпрецедентното затваряне на редица въздушни пространства.

Отнесено към скалата за сериозност на риска в таблица 2.1 подобно изригване от клъстер Исландия води до пълно затваряне на въздушното пространство на страната за дните от 17.04.2010 г. до 18.04.2010 г. и частично за дните 16.04 и 19.04.2010 г. Минимален е риска за дните 15 и 20.04.2010 г. и незначителен за останалите дни на кризата.

От матрицата на риска е видно, че по отношение на замърсяването на контролираното въздушно пространство на Р България с значителен до висок риск за замърсяване са всички вулкани от клъстер Исландия и клъстер Атлантически океан при изригване със степен на експлозивност от $VEI \geq 3$. За клъстер Гърция и Италия избрания критерий е $VEI \geq 1$, поради близкото разстояние до изследвания район.

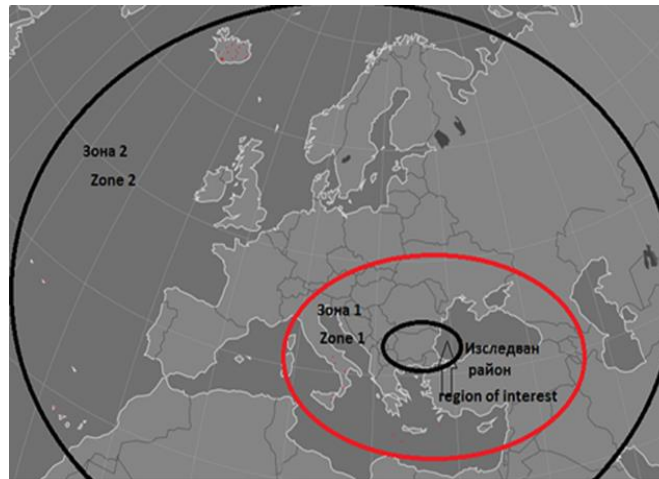
Изводи към Глава 2:

1. От направения преглед на методите за анализ на риска са избрани следните: вероятностен анализ за източниците на вулканична пепел; дърво на събитията за анализ на атмосферната циркулация с възможност за развитие и на сценариев подход; матрици на риска за анализ на въздействието върху въздушния трафик.
2. Предложен е вариант за разширяване на спектъра от метеорологични явления влияещи върху авиационната система.
3. Разработена е матрица за скалата на сериозност на риска за въздействие на вулканичната пепел върху организацията на въздушното движение заедно с мерки за намаляване на риска .
4. Предложена е матрица на степента на риска за въздействие на вулканичната пепел върху организацията на въздушното движение.
5. Разработена е методика за оценка на замърсяването на РПИ София, фамилия сектори и елементарни сектори.
6. От разработените матрици на риска е видно, че значителен до висок риск за замърсяване на контролираното въздушно пространство на Р България съществува за всички вулкани от клъстер Исландия и клъстер Атлантически океан при изригване със степен на експлозивност от $VEI \geq 3$. За клъстер Гърция и Италия избрания критерий свързан с експлозивност е $VEI \geq 1$, поради близкото разстояние до изследвания район и бързия пренос на замърсителя.

ГЛАВА 3. Концептуален модел на риска от вулканично замърсяване на контролираното въздушно пространство над страната. Анализ и оценка на риска за вулканично замърсяване за контролираното въздушно пространство над страната

В първата част от глава 3 е направено описание на изследвания район представляващ контролираното въздушно пространство над страната. Хоризонтални и вертикални граници са описани идентично с тези зададени в Аеронавигационната информация за страната (АИП). Описани са класовете от въздушното пространство, както и правилата за полети във всеки един от тях. Съобразно цитираната информация е дефиниран и район за изследване. Определени са параметрите за класификация на атмосферната циркулация спрямо районирането, като класификацията е подчинена на тази, по програма за изследване на климата на Европейската комисия. В хода на предварителната подготовка и анализ на входните параметри на изследването са определени три вложени една в друга зони (домейна), които са синхронизирани с тези по програмата COST Action 733 с цел представителност на изследвания район и изследването в дисертацията в международен аспект.

При първоначално зададените граници, изследвания район се дефинира, както следва:



фигура 3.2 Дефиниране на изследвания район - зона 1 и зона 2

Изследването се прави върху три отделни зони вложени една в друга, които включват клъстери от вулкани.

Първата зона е свързана с територията на контролираното въздушно пространство над страната. Втората представлява зона за краткост наречена зона 1, за която източниците на вулканично замърсяване за страната са разположени на разстояния от 1000 до 2000км. Третият е свързан с източниците, разположени на значително разстояние (Зона 2) до изследвания район, което е от порядъка на 5000-10000км.

Факторите обуславящи разделянето на зони са свързани с необходимостта от въвеждането в достатъчно кратки срокове на строго регламентирани процедури за работа в условия на вулканично замърсяване за конкретно въздушно пространство с цел намаляване на риска върху ВС, както и върху засегнатите трасета на въздушното пространство.

Вулканичните източници, обединени в клъстери, описани чрез географското им разположение са: клъстер Италия и клъстер Гърция за зона 1; клъстер Исландия и клъстер Атлантически океан за зона 2.

Изследването на първата зона е съсредоточена върху област разположена между 35°– 55° N ширина и 10°–35° E дължина (Фиг. 1) наречена за целите на това изследване Източно Средиземноморие и Балкански полуостров, (ЕМ&В).

Контролираното въздушно пространство над страната се явява област вложена в така дефинираната зона 1. В тази зона се намират вулканични източници разположени в Италия, Гърция и Турция, Армения и Грузия, които може да доведат до замърсяване с вулканична пепел на контролираното въздушно пространство. Възможното вулканично замърсяване от тях, оценено като време и диапазон на въздействие, е в рамките от 12 до 72 часа, като този период е в пряка връзка с процесите на преобладаващата атмосферна циркулация, индекса на експлозивност VEI, височината на еруптивната колона, концентрацията на вулканична пепел и др.

Зона 2 е за източници отдалечени на големи разстояния от изследвания район. Възможното замърсяване от тях е в рамките от 72 до 256 часа. За такъв периода от време, мерките за стратегическо и тактическо планиране за намаляване на риска и реализиране на нови схеми на организация на въздушния трафик е достатъчно.

Методологията използвана при анализа на риска се основава на комплексен анализ на риска, базиран на оценки от теорията на атмосферната циркулация, риск анализа и риск мениджмънта, базиран на детайлни методи за оценка на риска и анализ на въздействието на вулканичната пепел върху авиационната система чрез оценка на засегнатия въздушен трафик.

Подходът при оценката на възможните източници на вулканична пепел по отношение на контролираното въздушно пространство на Р България се основава на статистически методи и оценки на вулканични изригвания в исторически мащаб.

В тази връзка времето за реакция, свързано с възникването на критична ситуация, по отношение на стратегическо и тактическо планиране на мерките за намаляване на риска и реализиране на нови схеми на организация на въздушния трафик, е силно ограничено. Разработените сценарии за вулканично замърсяване от различни източници ще позволят те да се използват като база за предварителен анализ на ситуацията и пре-планиране на организацията на въздушния трафик.

За анализ на активните вулкани в Европа се използва база данни на GVP (Global Volcanism Program) на Smithsonian Institution (САЩ). The Smithsonian Institution (САЩ) е разработил база данни на изригванията на активни вулкани по целия свят през последните 10,000 години

След подробен анализ на данните от предишни изригвания на всички вулкани за анализ се построиха матрици на риска за вулканично изригване за всеки един от клъстерите.

На базата на тези матрици бяха избрани сценарии на изригване на вулкан от всеки един клъстер.

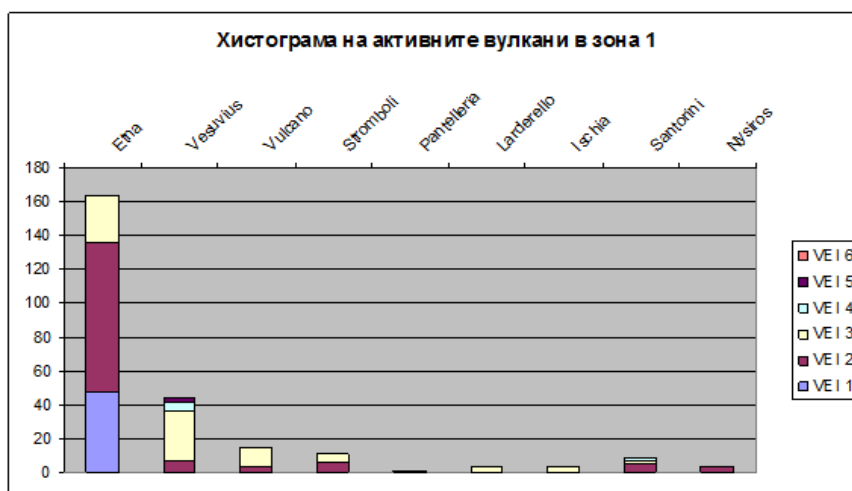
За клъстер Италия- Etna, за клъстер Гърция-Santorini. За клъстерите от зона 2 това са Furnas, Португалия и Grimsvotn, Исландия.

Чрез средствата на числения модел за прогноза на времето са подбрани синоптични ситуации на бърз пренос на вулканична пепел към страната анализирани с числения модел за развитие на времето GFS.

Чрез средствата на числени модел HYSPLIT е направена оценка на прогнозните траектории на пренос на вулканичната пепел към изследвания район.

За вулканите разположени в зона 1 статистическите оценки показват следното разпределение на вулканичната активност.

За зона 1 (граф.3.5):



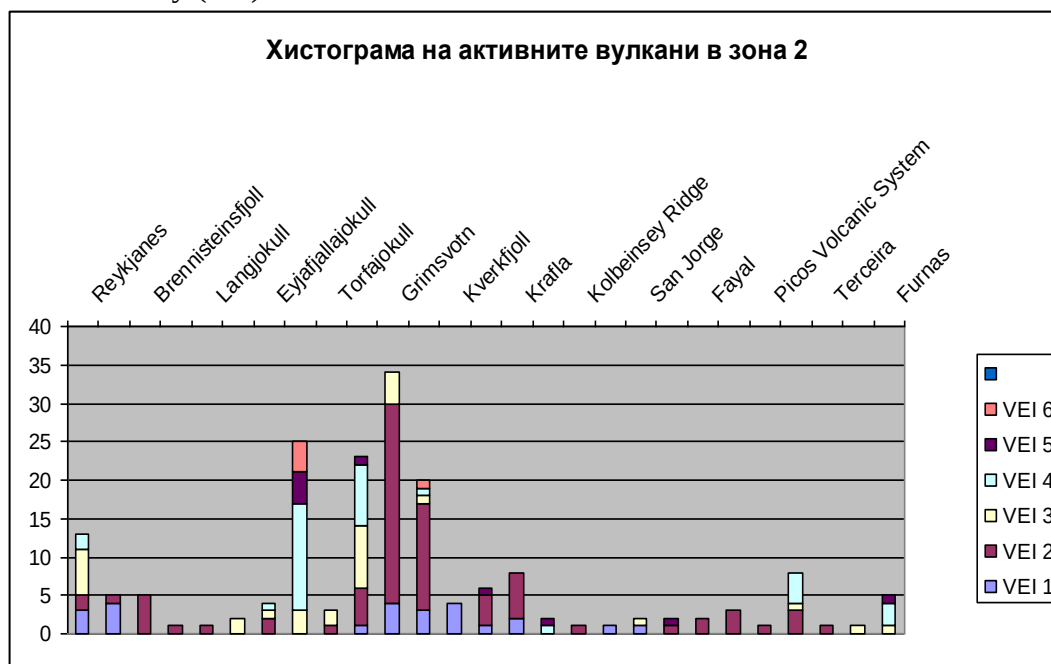
Графика3.5. Хистограма на активните вулкани в зона 1

За зона 2 източниците на вулканична пепел са съсредоточени в Исландия и островите в Атлантическия океан – Канарските острови, остров Мадейра и Азорските острови.

Хистограмата на разпределение за вулканите в зона 2 е представена на граф.3.6.

След статистическите оценки за годишната вероятност на изригване на вулканите от двете зони е направена статистическа обработка на синоптичните ситуации и преобладаващата атмосферна циркулация за периода на изследването.

Изследваният период от време е от 01.01.2014г. до 31.07.2017 г. За посоченият период ежедневно е анализирана синоптичната обстановка чрез анализ на данните за баричното поле на средно морско и ниво 500 hPa от високата топография. За идентификация на метеорологичните условия и процеси, при които е възможен пренос на вулканична пепел над изследвания район, се използва класификацията на атмосферните процеси, базирана на Objective Grosswetterlagen Catalogue и адаптирана от Hess-Brezowsky (HB).



Графика 3.6. Хистограма на активните вулкани в зона 2

Анализирани и оценени са полетата на вятъра на нива 500hPa, 300 hPa и 200 hPa, чрез отчитане на водещия поток- посока и скорост на вятъра на съответното ниво. За целта е използван числен модел за развитие на времето GFS. Методологията приложена в оценката на синоптичната обстановка се основава на експертен анализ на баричното поле, на ежедневна оценка на синоптичната ситуация и избрана за базова стойност на налягането 1015 hPa. Всички затворени изобари с по-ниски стойности са класифицирани като области от циклонален тип, а тези над 1015 hPa като антициклонални. По отношение на класификацията на атмосферната циркулация за високата барична топография, за гранична е взета характерната изохипса за всеки един от месеците използвана в синоптичната практика.

Честотата на даден тип атмосферен процес е изчислена чрез разделяне на броя на циклоните/ антициклоните изчислени като брой за един месец от изследвания период на годишна база спрямо общия брой циклони/антициклони регистрирани за целия периода на изследване. За посочения период са наблюдавани 389 циклона/циклонални обстановки, като средната продължителност на синоптичната обстановка е между 3 и 5 дни. От всичките архивни данни са подбрани 112 синоптични циклонални обстановки, характеризиращи се с формиране и движение на средиземноморски циклони, преминаващи по характерните траектории към Балканския полуостров и изследвания район.

В таблица е систематизирана честота на синоптичните обстановки чрез стойностите на атмосферното налягане на средно морско ниво по сезони. Чрез розите на вятъра е систематизирана посоката и скоростта на вятъра в мрежа около вложените зони една в друга представляваща контролираното въздушно пространство над страната за конкретен период на симулация. В зависимост от преобладаващите ветрове и циркулацията във високите слоеве на атмосферата са оценени случаите на наличие на турбулентност във средната и висока тропосфера. Необходимостта от такива анализи е свързана оценка на преноса на замърсяването и процеси като дифузия и отлагане на вулканичната пепел, водещи до различни концентрации на вулканична пепел за различните полетни нива.

Разработена е иновативна методика за оценка на замърсяването на фамилията сектори от РПИ София. Чрез детайлна оценка на замърсяването, със стъпка по времето от 3 часа, е оценено влиянието му върху елементарните сектори за фамилия сектори София и Варна.

На базата на процентното замърсяване спрямо целия район за полетна информация е изчислена степента на риска, по разработена иновативна методиката и е построена матрицата на риска за вулканично замърсяване за всеки един от разгледаните случаи.

Изводи към Глава 3:

1. Класифицирани са вулканите в четири клъстера на базата на географски принцип .
2. Изследвана е годишната вероятност за изригване на вулканите от клъстерите.
3. Оценена е честотата на изригване на вулканите от клъстерите на база на степента на експлозивност.
4. Избрана е методика за класификация на атмосферната циркулация позволяваща представителност на изследването в международен мащаб чрез такава използвана по проект на ЕК и програма COST733.
5. Подбрани 112 синоптични циклонални обстановки, характеризиращи се с формиране и движение на средиземноморски циклони, преминаващи по характерните траектории към Балканския полуостров и изследвания район.
6. Наличието на струйно течение на и над полетни нива FL300 е удачен предиктор и фактор, влияещ върху бързия пренос на вулканичната пепел като замърсител.

ГЛАВА 4. Разработване и анализ на най-вероятните сценарии за разпространение на вулканична пепел към контролираното въздушно пространство на Р България

В глава 4 е представена експерименталната част на изследването.

Целите на изследването са чрез различни методи на симулация на изригване и свръх-краткосрочен и краткосрочен анализ на пренос на вулканичната пепел за изследвания район, да бъдат оценени сценарии на възможното замърсяване на въздушното пространство над страната.

Изследването е направено за четири източници на вулканична пепел разположени на различно разстояние от изследвания район.

За всеки един от източниците е приложен различен подход за симулация и/или изригване, като са използвани различните възможности на числения дисперсионен модел.

За целите на изследването модела HYSPLIT е стартиран ежедневно за периода от януари 2014г. до юни 2017 г., позволяващ симулация на хипотетично изригване за три от избраните вулкани на територията на Европа и Атлантическия океан.

За четвъртият Grimsvotn, Исландия е разгледан случай на реално изригване от ноември 2004 г. Като начални параметри за този случай са въведени всички данни от изригването, а получените резултати от числения дисперсионен модел HYSPLIT са сравнени с реалния пренос на вулканично замърсяване предоставени от MET Office Великобритания за авиационно приложение, като резултатите са сравнени чрез метода ре-анализ.

Разглежданите вулкани са представени в таблица 4.2.

Таблица 4.2 Вулканите използвани в това изследване.
(Географската ширина, дължината и височина на кратера са взети от базата данни на USGS, Smithsonian Institute,САЩ).

Вулкан	Държава/Зона	Географска ширина	Географска дължина	Височина на кратера m/ft	Година на последно изригване
Etna	Италия	37.73	15.00	3295 m/ 10808 ft	2017
Santorini	Гърция	36.40	25.40	367 m/ 1204 ft	1950
Grimsvotn	Исландия	64.42	-17.33	1719 m/ 5638 ft	2011
Furnas	Португалия	37.77	-25.32	805m/ 2640 ft	1630

Чрез средствата на ре-анализа е установено, че във всички от изследваните случаи се наблюдава наличие на струйно течение в посока на изследвания район, което обуславя и значително бързия пренос на замърсителя - вулканична пепел. Естественят синоптичен период на изследваните обстановки е установен с продължителност от три до пет дни, като значителен е броя на процесите през зимното полугодие.

Резултати от направените симулации, свързани с преноса на вулканична пепел към изследвания район и анализа на зоните с възможно вулканично замърсяване от РПИ София са следните:

I. Симулация на хипотетично изригване на вулкана Etna на 15 януари 2017 г. Риск анализ на ситуацията с оглед на влияние върху въздушния трафик на изследвания район

При изригване на Etna с магнитут на експлозивност $VEI > 1$ и наличие на циклонална циркулация от тип SW (център на ниско налягане на югозапад от страната) в рамките на от 6 до 12 часа вулканичното замърсяване засяга първоначално индиректно, а впоследствие и пряко въздушното ни пространство. Анализите на дисперсията във времето показва, че от +3 часа до + 6 часа след изригването вулканичната пепел засяга зони на съседни въздушни пространства и влияе върху трафика в тези райони. Увеличаването на засегнатите зони във съседните РПИ силно влияе върху потока на входните и изходни точки за прелитащият трафик над страната. С помощта на данни предоставени от ДП РВД е направена е оценка на реалния трафик в аеронавигационните точки в периода на замърсяване с вулканична пепел.

Чрез описаната в Глава 3 матрица на риска по отношение на организацията и управлението на въздушното движение в условия на вулканично замърсяване е изготвена матрицата на риска за възможното замърсяване за изследвания район при изригване на Етна представена в таблица 4.9:

Матрицата е нормирана чрез разработена методика за оценка на замърсяването върху елементарните сектори на фамилия сектори София и Варна на РПИ София и представя процентното засягане на въздушното пространство със стъпка от 3 часа в развитието на разпространението на замърсяването към разглеждания район.

Таблица 4.9 Матрицата на риска за замърсяване с вулканична пепел на въздушното пространство със стъпка от 3 часа

Засегната система УВД	+3 часа	+6 часа	+9 часа	+12 часа	+15 часа	+18 часа	+24 часа
РПИ България							

Време за реакция

С така направената матрица на риска от вулканично замърсяване при условията на симулацията е видно, че при изригване на Етна риска от замърсяване на въздушното пространство нараства скокообразно от 15 до 24 часа от началото на изригването.

Таблица 4.10 Матрицата на риска за замърсяване с вулканична пепел на въздушното пространство с критичен период за вземане на решение

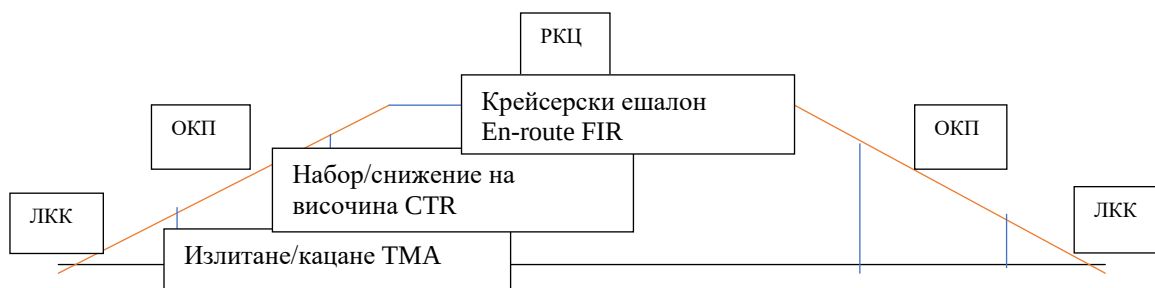
Фамилия сектори РПИ София	+12 часа	+15 часа	+18 часа	+21 часа	+24 часа	+36 часа	+42 часа	+48 часа
София А								
София В								
София С								
София D								
Варна А								
Варна В								

Време за реакция

Оценката на влиянието на въздушния трафик се прави на база на основните етапи на полета (представени на фигура 4.3) в следната последователност- фаза на излитане/ кацане и ниво на отговорност от Летищна Контролна Кула, фаза на набор на височина в зоната на контролирания район на летището и отговорност от страна на ОКП, фаза на крейсерски полет контролирана от РКЦ.

таблица 4.12 и графика 4.10, показващ броя на засегнатите ВС по полетни нива и сектори.

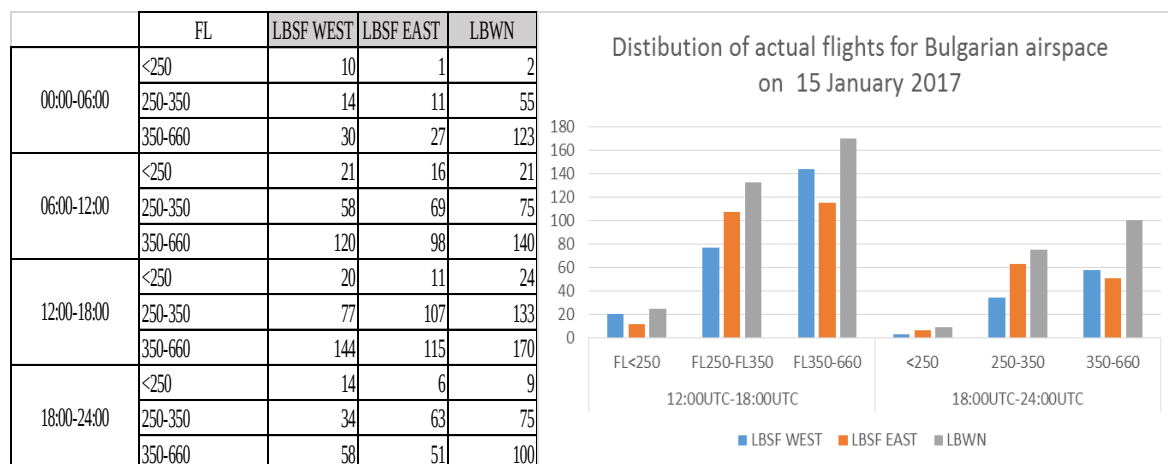
От графика 4.10 е видно, че в посочения период основно се засяга прелитащият над страната въздушен трафик над FL250. За елементарен сектор София Запад (А,С) това са общо 92 ВС, а София Изток (В,Д) са 114, или общо за сектор София 206 ВС. За сектор Варна (А,В) това са общо 175 ВС. Общо засегнатия трафик в периода 18-24 часа на максимално замърсяване е 320 ВС. И макар в периода от 12 до 18 часа след изригването само 32% от РПИ София е засегнат, броя на ВС в полет над района е общо 320 полета.



Фигура 4.3 Основните етапи на полета и зони на отговорност на оторизирани служби

Въздушният трафик е разделен по сектори и полетни нива и е систематизиран в Ето защо засегнатите 29 ВС ще се отразят върху дейността по УВД на ОКП и ЛКК. От тези 26 ВС са от или за летище София, останалите полета са за/от летище Варна. За летище Бургас данни липсват поради факта, че в разгледания период е затворено поради ремонт на ПИК.

Таблица 4.12 Брой обслужени ВС по полетни нива в изследвания период за РПИ София з 15януари 2017г.



Графика 4.10 Разпределение на ВС в изследвания период по полетни нива и сектори за РПИ София

II. Симулация на хипотетично изригване на вулкана Santorini, Гърция за 28 декември 2014г.

Симулацията за изригване на Santorini за периода е реализирана чрез предварителен избор на синоптична обстановка, предполагаща атмосферна циркулация с добре изразени ветрове във височина от юг-югозапад. Случаят за симулация е подбран като е свързан с анализ за възможното отлагане вулканична пепел за страната, според Доклад №4/2015 изготвен по проект на ООН. Докладът съдържа риск-анализ на вулканичните изригвания в глобален мащаб, като се прави оценка на въздействието върху населението и критичната инфраструктура. Вулканичните източници на пепел са

систематизирани в отделни райони, а всеки вулкан от дадена държава е описан и оценен поотделно.

Анализът на преноса на вулканично замърсяване свързан с изригване на вулкан от клъстер Гърция се свързва с активен пренос над страната от юг-югозапад в ниските тропосферни нива.

Целта на симулацията от изследването е да разгледа сценарий, при който освен замърсяване на въздушното пространство с вулканична пепел, е възможно и отлагане на вулканична пепел върху земната повърхност.

Оценен е ефекта върху наземната дейност на летищата чрез прогнозни количества, както и върху фазата на излитане и кацане на ВС за засегнатите летища. Набелязани са мерки за ограничаване на риска

Разглежданият случай е много специфичен поради различният пренос в ниските и високите тропосферни слоеве. От профила на вулканичната пепел във височина се вижда, че над изследвания район вулканичното замърсяване е основно в нивата до 2000м (FL070) височини над терена. Там е и максималната концентрация на вулканична пепел. Постепенно с течение на времето се наблюдава дифузия на облака по височина като 24 часа след изригването достига до височина над 5000м (FL180).

Матрицата на риска(таблица 4.14) до полетно ниво FL200 за РПИ София по елементарни сектори има вида:

Таблица 2 Матрица на риска вулканично замърсяване на РПИ София до полетно ниво FL200.

	+12 часа	+15 часа	+18 часа	+21 часа	+24 часа	+36 часа
София А						
София В						
София С						
София D						
Варна А						
Варна В						



Време за реакция

За матрицата на риска по сектори и елементарни сектори за нивата над полетно ниво FL200 (500Нра) е следната :

Таблица 4.16 Матрица на риска вулканично замърсяване на РПИ София над полетно ниво FL200.

	+12 часа	+15 часа	+18 часа	+21 часа	+24 часа	+36 часа
София А						
София В						
София С						
София D						
Варна А						
Варна В						

Възможното утаяване на вулканична пепел се очаква след 18 часа след изригването за източната част от страната. По този начин пряко са засегнати наземната дейност на летищата Варна и Бургас, както и всички полети в тези направления.

Прогнозните концентрации в слоя до FL200 са със стойности от $1 \times 10^{-7} \text{ mg/m}^3$, а очакваното отложено върху земната повърхност количество е от $1 \times 10^{-4} \text{ mg/m}^2$ за 29 декември 2014г. с максимум в периода 00UTC-03UTC до $1 \times 10^{-3} \text{ mg/m}^2$.

III. Симулация на хипотетично изригване на вулкана Furnas, Португалия на 01 декември 2010г.

Симулацията на изригване на вулкана Furnas, Португалия е направена на база на данни от проведена симулативна тренировка под ръководството на регионалния офис на ИКАО за Европа на 26 април 2011. За целите на това изследване е направена симулация чрез първоначално зададените входни параметри от изригването, но реализирана чрез средствата на модела HYSPLIT. Прави впечатление подобие на изходните резултати за посочения период за разпространението на вулканичната пепел от двата модела.

По отношение на атмосферната циркулация за периода първоначален анализ се прави на района описващ зона 2 (Domain 0) и последователно се намалява мащаба до анализ на зона 1 (Domain 10) и изследвания район на РПИ София.

Нивата на замърсяване както и засегнатите зони са разгледани със средствата на числения модел HYSPLIT, като резултатите са обобщени по посочения в предходния пример начин, таблици, матрици на риска за РПИ София и съседни РПИ, по сектори и елементарни сектори за РПИ София.

От таблица 4.19 се вижда, че 24 часа след изригването 42% от въздушното пространство над страната ще бъде под въздействието на вулканична пепел, което оценено спрямо матрицата на риска е възможен риск, но поради стойността може да се счита и като вероятен критичен в следващите часове. И този извод се потвърждава 27 часа след изригването, когато нивата на сериозност на риска се оценяват като критични със засегнати 58% от цялото въздушно пространство над страната. В този порядък замърсяването продължава до 72 часа от изригването. Така матрицата за риска за вулканично замърсяване на РПИ София е следната:

Таблица 4.20 Матрица на риска за вулканично замърсяване на РПИ София със стъпка от 6 часа

Засегната система УВД	+12 часа	+18 часа	+24 часа	+30 часа	+36 часа	+42 часа	+48 часа
РПИ България	←	→					

Разгледана подробно матрицата на риска, нормирана спрямо процентното замърсяване на въздушното пространство над страната изглежда (по методиката в глава 3) е в таблица 4.21.

От таблица 4.21 става ясно, че в първите до 18 часа след изригването няма реален риск от замърсяване на въздушното пространство над страната, след 18 до 24 часа риска се увеличава постепенно като от възможен с 42%, за следващите до 36 часа става с критични стойности от 59%, или с други думи половината въздушно пространство е замърсено с вулканична пепел.

Таблица 4.21 Матрица на риска за вулканично замърсяване на сектори и елементарни сектори на РПИ София със стъпка от 6 часа

	+12 часа	+15 часа	+18 часа	+21 часа	+24 часа	+36 часа	+42 часа	+48 часа
София А		↔						
София В		↔						
София С		↔						
София D				↔				
Варна А								
Варна В								

↔ време за реакция

IV. Изригване на вулкана Grimsvotn, Исландия от 02.11.2004г. Анализ на изригването чрез средствата на дифузионен числен модел HYSPLIT.

Случаят за реконструкция на изригването на Grimsvotn, Исландия от 02.11.2004 г е избран по няколко причини. Първата е свързана с преноса на вулканична пепел към изследвания район, която попада последователно в циркулацията на два синоптични процеса за Европа. Този случай е пример за трансгранично замърсяване на обширни територии, достигащо и до територията на страната от север-североизток. Втората причина е, че този тип пренос е различен от случаите на изригване през 2010г. и 2011г., респективно не е подробно изследван, както е изригването на вулкана Ейафа. В процеса с мокро отлагане се достигна до интересни резултати свързани с възможно отлагане на вулканична пепел върху земната повърхност, макар и от толкова отдалечен източник.

Изригването започва на 01.11.2004г в 22:00UTC. Първоначално разпространението на вулканичната пепел следва атмосферната циркулация в посока на изток, като от 6 до 12 часа след изригването достига до Скандинавския полуостров.

За изследвания район по картите за прогнозираните траектории разпространени в часовете след изригването се вижда, че вулканичното замърсяване се очаква да засегне изследвания район в периода 12UTC до 18UTC на 04.11.2004 г., или 60 до 72 часа след изригването.

При ре-анализа на изригването по картите моделирани чрез HYSPLIT се вижда, че модела следва траектории на преместване на вулканичната пепел, прогнозирани първоначално, но се различава по отношение на времето на навлизане на вулканичната пепел във въздушното пространство на страната.

От така обобщените данни се изчислява процентното отражение върху РПИ София, което в периода от 60 до 72 часа след изригването заема 24% до 32% от цялото въздушно пространство над страната.

По отношение на матрицата на риска по така изчислените проценти е ясно, че въздействието върху авиационния трафик е по-скоро възможно и без да достига критични нива. Като „Възможно“ е оценено замърсяване с условия, свързани с незначително намаляване на секторния капацитет, поради наличие на вулканична пепел в контролираното въздушно пространство и в съседни въздушни пространства.

Таблица 4 .24 Матрица на риска за вулканично замърсяване на РПИ София при изригване от клъстер Исландия

	+12часа	+24часа	+36часа	+48часа	+60часа	+72часа	+12часа	+24часа
София А								
София В								
София С								
София D								
Варна А								
Варна В								

време за реакция

Като е видно и от графика 4.20, вулканичната пепел основно се отлага райони достатъчно отдалечени от разглеждания. Но макар и малко количество е възможно да се отложи и за района на РПИ под FL200 и върху земната повърхност, като отлагането е възможно от 55 часа след изригването или на 04 ноември 2004г. 00UTC до 04 ноември 2004г. 12UTC.

В разгледания случай е възможно отлагане на вулканична пепел върху земната повърхност в минимални количества. Независимо от незначителното количество, отлагането засяга районите на двете летища Варна и Бургас. В този случай, поради възможното отлагане, при това с микроскопични размери, особено внимание е необходимо към осигуряване на безопасност на ВС не само в полет, но и на земната повърхност.

Изводи към Глава 4:

1. Чрез прилагане на сценарийния подход е установена най-благоприятната синоптична ситуация за пренос на вулканична пепел към изследвания район в свръх-краткосрочен и краткосрочен времеви хоризонт.
2. Изследвани са три различни хипотетични изригвания на вулкани от дефинираните клъстери. Четвъртото изригване е реално, но резултатите са на база на ре-анализ на ситуацията от 2004г.
3. За всяко от хипотетичните изригвания е разработена матрица за скала на сериозност на риска заедно с времето на реакция от отговорните органи на оперативно ниво.
4. Матриците са разработени за два района РПИ София и съседни РПИ, където се прилагат договорености на национално ниво и организацията е съобразена с конкретната ситуация и такава със стъпка от три часа за РПИ София и фамилия сектори.

5. В два от случаите е установено и възможно отлагане на вулканична пепел върху земната повърхност, което налага необходимост от мерки за допълнително наземно и техническо обслужване.

ГЛАВА 5. Структурна и времева диаграма за създаване на организация и управление на полетите в условия на вулканична пепел. Концептуален модел за разработване на Национален кризисен план за действие в условия на вулканично замърсяване

I. Организация на полети в условия на облаци от вулканична пепел

Вулканичните изригвания и възникващите вследствие на тях облаци от вулканична пепел могат значително да нарушат управлението и организацията на полетите. В зависимост от височината на вулканичния стълб замърсяването може да засегне високите слоеве на тропосферата, където основно е съсредоточен въздушния трафик.

Във връзка с осигуряването на безопасността на полетите се изисква стройна организация за мониторинг, оповестяване и разпространение на информацията за явлението до съответните служби за ОВД, както и до ВС изпълняващи полети в засегнатия район. В резултат от тези съвместни действия са разработени редица предупредителни съобщения, използвани в авиацията, които разпространяват до всички потребители за налично вулканично изригване, последващото формиране на облаци от вулканична пепел и тяхното преместване.

Необходимо е своевременно, в рамките на посочените времеви периоди, разпространение в международен обмен на необходимата информация и метеорологични предупреждения.

В хода на изследването са установени функционалните взаимодействия между различните обслужвания на въздушното пространство- АНО, АИО и АМО. Установено е и е създадено дърво за вземане на решение (по метода описан в глава 3) от началото на процеса- от инициращо ниво, последователно по нива на компетентност към останалите, въввлечени в процеса.

Представената организацията на оперативно ниво в ДП РВД в случай на изригване и етапите за различните видове обслужвания може да бъде използвана като фундаментална рамка за оценка на всеки един елемент в развитието на процеса. Разработени са етапите за вземане на решение с основните критерии за оценка, както и тези за действие на оперативно ниво.

Във връзка с въвеждането в оперативната практика на предложената концепция и във връзка с установените функционални взаимовръзки на оперативно ниво, е изготвен модел на контролна карта за работа в условия на очаквано вулканично замърсяване на РПИ София. Контролната карта е универсална и е приложима за всяко едно от звената в ДП РВД, ангажирани в процеса, с корекции съобразно конкретните им задължения. Тя може да бъде неразделна част от оперативните процедури описани като основни в интегрираната система ИСУ.

С разработените структурна и времева диаграма на национално ниво, установените връзки на стратегическо, тактическо и оперативно ниво се формира концептуалния модел за разработване на Национален план за действие в условия на вулканично замърсяване.

Установените времеви периоди за разпространение на вулканична пепел до изследвания район показват необходимостта от актуализиране на взаимодействията със съседните РПИ в условия на криза от подобен характер.

Разработената контролна карта (Таблица 5.1) за прилагане на процедура за работа в условия на вулканична пепел е добра практика в ИСУ. Тя може да бъде приложена за работа в извънредна ситуация като вулканично замърсяване и включена в Наръчниците за ОВД, АМО и АИО при стриктно спазване на правилата на Интегрираната система за управление.

Изводи към Глава 5:

1. Построена е Структурна и времева диаграма на отговорностите на всички заинтересовани страни на национално ниво.
2. Построена е схема на отговорностите на национално ниво в условия на вулканично замърсяване.
3. Установена е йерархична схема за вземане на решения на стратегическо, тактическо и оперативно ниво.
4. На стратегическо ниво е построено дърво за вземане на решение което се реализира чрез субординация на национално ниво на компетентните и отговорни органи в процеса
5. На тактическо ниво се установи, че отговорностите са свързани със планиране и създаване на организация за прелитане в РПИ София на безопасни полетни ешелони, осигуряване на разрешения за прелитане на авиационни оператори с въведена "Оценка на безопасност на полети в райони с вулканична пепел" по изискванията на ИКАО и EASA, както и други дейности свързани с осигуряване на разрешителни режими от страна на ГД ГВА и ДП РВД. Предложено е дърво за вземане на решение.
6. На оперативно ниво са разработени дърво за вземане на решение за различни служби от ДП РВД, с определяне на инициращото звено в процеса на координация и съвместна организация на въздушното движение.
7. Разработена е контролна карта за прилагане оперативната работа за работно място РП-РС, като част от основните процеси описани в Процесната карта ,част от ИСУ.

НАУЧНО-ПРИЛОЖНИ И ПРИЛОЖНИ ПРИНОСИ

I. Констатации

При разработването на дисертационния труд са направени следните констатации на европейско и национално ниво:

Констатация 1. *Правилата и рестриктивните мерки чрез три зони за полети в зависимост от концентрацията на вулканична пепел е практика въведена единствено и само в Европа.*

Констатация 2. *Правилата за полети в зони с вулканична активност и наличие на пепел бяха въведени от ЕК по време на кризата, в кратки срокове и без публично известна оценка на критериите за концентрацията на вулканична пепел и толерантността на авиационните двигатели.*

Констатация 3. *Чрез поредица от документи, въведени от EASA чрез Safety Information Bulletin SIB No.: 2010-17R5/Issued: 11 march 2013 и Safety Information Bulletin SIB No.: 2010-17R7/Issued: 24 June 2015/[Correction: 02 July 2015], се въвеждат задължителни изисквания за авиационните оператори, опериращи в условия на вулканична пепел, да имат въведена система SMS. Факт е обаче, че към момента не съществува централизирана база данни за въведени такива SMS от авиационните*

оператори. Създаването на такава база данни е основополагаща при вземане на решение от националните авиационни власти за разрешаване или не полетите на даден авиационен оператор, над контролирания от тях район, в условия на вулканична пепел.

Констатация 4. Много от националните авиационни въздухоплавателни агенции не признават официално внедрени SMS системи на други членки на ЕК, въпреки единната регулация посредством EASA като цяло.

Проблемът е идентичен с този на признаването на лицензионните свидетелства на пилотите от различни държави при произдаването им.

Констатация 5. След направен обстоен преглед на националната и европейска документация по отношение на планирането и разрешаването на полети, се установи, че не съществува документ, в условия на възникнала криза, където авиокомпанията да декларира наличието на внедрена SMS, необходим за разрешение на полети над дадена територия в условия на вулканична пепел. Възможно решение е обособяването на поле в Полетния план, където преди всеки полет в кризисна ситуация информацията за внедрена SMS да бъде декларирана.

През 2013 г. Евроконтрол направи преглед на прилаганите политики по отношение на безопасността в условия на вулканична пепел от националните авиационни агенции (ГВА) сред държавите членки на ЕС след мащабната криза с вулканична пепел през 2010г.

Констатация 1. От представената в презентацията информация (Is European aviation better prepared for the next eruption? Enhancing aviation crisis management in Europe, Bo Redeborn, Principal Director ATM, EUROCONTROL/ 15October 2013), за провеждана политика, от страна на Р България, по зададените теми в проучването, не е постъпила изобщо никаква информация. Това разбира се не винаги е свързано с липса на политика, но буди недоумение факта, че липсва каквато и да е заинтересованост по проблематиката не само на национално ниво, но и в отговор на европейски инициативи.

Факт е, че за Европа данни не постъпват само от три държави, като една от тях е Р България.

Констатация 2. Липсата на национална стратегия за организация и управление на въздушното движение води до хаотични и неадекватна реакция в случаи на вулканично замърсяване. В ДП РВД има създадена организация по взаимодействие в условия за вулканична пепел чрез оперативни процедури за различните служби въвлечени в процеса. На практика обаче, поради факта, че явлението е рядко, тези процедури не се прилагат често, а липсата на рутина, понякога води до грешки. Организирането на ежегодна или в друг времеви порядък тренировка, може да гарантира адекватна реакция в условия на криза от подобен характер.

II. ПРИНОСИ

В дисертационния труд са направени следните научни приноси:

1. Разработено е предложение за разширяване на спектъра от метеорологични явления с влияние върху ОВД с оглед на различното времево и пространствено въздействие. Предложението е за включване на микро-

машабните, мезомашабните и макромашабни метеорологични явления и процеси с цел анализ на комплексността на метеорологичния фактор върху ОВД и УВД.

2. Изготвени са статистически оценки за влиянието на вулканичната пепел върху ВС на базата данните в [7], за първи път изследвано и публично оповестено за страната.
3. Изготвен е анализ на кризата с вулканичната пепел през 2010г. за страната.
4. Направена е класификация на атмосферната циркулация за страната съгласно схемата на Hess-Berezovski и програмата за европейско сътрудничество в науката и технологиите COST Action 733.
5. Идентифицирани са 36 източници на вулканична пепел, с възможно влияние върху изследвания район.
6. Съобразно направената класификация на атмосферната циркулация е определена тази, с най-благоприятни условия за пренос на вулканична пепел към изследвания район. Проведените научно-изследователски изследвания установиха, че преносът, свързан с циклонална циркулация от юг-югозапад е най-благоприятен за дисперсията на вулканична пепел над района.
7. Наличието на струйно течение на и над полетни нива FL300 е удачен предиктор и фактор, влияещ върху бързия пренос на вулканичната пепел като замърсител.

В дисертационния труд са направени следните научно-приложни приноси:

1. Разработена е матрица на риска за ОВД. Матрицата е иновативна.
2. Разработени са матрици на риска за четири от най-рисковите сценарии за пренос, във времеви аспект, за РПИ София.
3. Установена е йерархична схема за вземане на решения на стратегическо, тактическо и оперативно ниво.
4. Построена е схема на отговорностите на национално ниво в условия на вулканично замърсяване.
5. Изготвени са структурна и времева диаграма на отговорностите на всички заинтересовани страни в процеса на управление на полетите в условия на вулканична пепел.
6. На стратегическо ниво е построено дърво за вземане на решение, което се реализира чрез субординация на компетентните и отговорни органи в процеса.
7. На тактическо ниво отговорностите са свързани с планиране и създаване на организация за прелитане на РПИ София на безопасни полетни ешелони, осигуряване на разрешения за прелитане на авиационни оператори с въведена “Оценка на безопасност на полети в райони с вулканична пепел”, по изискванията на ИКАО и EASA, както и други дейности свързани с осигуряване на разрешителни режими от страна на ГД ГВА и ДП РВД. Предложено е дърво за вземане на решение.
8. На оперативно ниво са разработени: дърво за вземане на решение за различни служби от ДП РВД. Определено е инициращото звено в процеса на координация и съвместна работа за организация на въздушното движение.
9. Разработена е контролна карта за прилагане в оперативната работа за работно място началник смяна, като част от основните процеси в

Процесната карта част от Интегрираната Система за Управление (ИСУ).

10. Систематизирани са образци на всички видове предупреждения, разпространявани в международен обмен по компетентност от структурните звена ангажирани в процеса на наблюдение на вулканичната активност, както и планиране, организация и управление на полетите.

СПИСЪК НА ПУБЛИКАЦИИТЕ ПО ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

1. Маг.инж.Мария Петкова, доц. Д.Гешев, проф. В. Андреев, **АНАЛИЗ НА ВЛИЯНИЕТО НА ВУЛКАНИЧНАТА ПЕПЕЛ ВЪРХУ ОРГАНИЗАЦИЯТА НА ВЪЗДУШНОТО ДВИЖЕНИЕ**, Научни известия на НТС по машиностроене 4, 2012г.стр.229-232;
2. Маг.инж.Мария Петкова, доц. Д. Гешев, проф. В. Андреев, **ВУЛКАНИЧНАТА ПЕПЕЛ КАТО ОПАСНО ЯВЛЕНИЕ ЗА АВИАЦИЯТА**, Резюмета Втори национален конгрес по Физически Науки, септември 2013г., стр.326, ISBN 978-954-07-3600-6
3. MS, M.Eng.Maria Petkova,asc.prof. D.Geshev, prof. V.Andreev, **APPROACH FOR ESTABLISHMENT OF NATIONAL CONTINGENCY PLAN FOR AIR TRAFFIC MANAGEMENT IN CASE OF VOLCANIC ASH CONTAMINATION**, BULTRANS, 2014, p.
4. MS, M.Eng.Maria PETKOVA, **RISK ASSESSMENT –STEP BY STEP IN IMPROVING SAFETY MANNER WITH REGARD TO VOLCANIC ASH CONTAMINATION**, AFASES 2016, Page 759/ Volume 2, ISSN 2247-3173;
5. MS, Mag.Eng.M. PETKOVA, **PROBABILISTIC CHARACTERISTICS OF VOLCANIC ASH AND THE IMPACT ON BULGARIAN AIRSPACE**, БУЛТРАНС 2016г.ISSN 1313-955X, Page.14
6. MS, M.Eng.Maria PETKOVA, **PROBABILITY ASSESSMENT OF POSSIBLE VOLCANIC ASH CONTAMINATION FOR THE BULGARIAN AIRSPACE BY DEVELOPING OF EVENT TREE AND RISK MATRIX FOR HYPOTHETICAL VOLCANIC ERUPTION**, AFASES 2017, ISSN, ISSN 2247-3173, Page 143/ Volume 2
7. MS, M.Eng.Maria PETKOVA, **CASE-STUDY FOR A HYPOTHETICAL ERUPTION OF ETNA AND THE APPROPRIATE WEATHER CONDITIONS FOR DISPERSION OF VOLCANIC ASH TO BULGARIAN AIRSPACE**, Page 149/ Volume 2/AFASES 2017,ISSN, ISSN 2247-3173
8. MS. M.Eng.Maria PETKOVA, Poster , **GENERAL OVERVIEW OF METHODS FOR VOLCANIC ASH CONTAMINATION RISK ASSESMENT ON BULGARIAN AIRSPACE**, CVC (Convective and volcanic ash clouds) training school, Italy, 2017;

ANNOTATION

The scope of the research is to explore the risk assessment of potential volcanic ash contamination of Bulgarian airspace using a multi-complex analysis of potential volcanic sources, combined with suitable weather conditions and finally detailed analysis of the possible outcomes connected with the impact to airspace management. The research of probability risk assessment of volcanic sources, which may spread volcanic ash in short time (up to 12 hours) to Bulgarian airspace is the main task of research and are in the priority. The approach for development of National plan for volcanic ash mitigation actions is the purpose of investigation..

The scope is focused on the detailed research regarding volcanic background and atmospheric circulation of three nested one into another area where the volcanoes in Europe are. The region of interest presented by nested areas in two larger domains. The first one contains the sources in Atlantic Ocean and Iceland (Zone 2), the second domain (Zone 1) contains volcano sources that originate in Italy, Greece and Turkey and could affect Bulgarian airspace in case of eruption and spreading of volcanic ash in short time up to 6 to 12 hours not only in the upper atmosphere but at the surface in some cases. The methodology is based on Atmospheric Physics, risk analysis and risk management applying different methods as the event tree analysis and risk matrix. Finally by statistical analysis to identify the possible impact on the real air traffic as ANSP BULATSA provide to in case of volcanic ash contamination.

The methodology applied for aviation risk analysis is based on implementation of principles of Operational Risk management (ORM) as a well-based platform for development of National Volcanic Crisis Plan. Risk management must be a fully integrated part of planning and executing for any operation, routinely applied by management. Determination of risks, with analysis and control of the hazards create adequate reaction and real actions in case of appearance of some adverse conditions in aviation system in general.

Risk identification is the process of finding, recognition and recording risk. Risk analyses consist of determining the consequences and their probabilities for identified risk events. The consequences and their probabilities are combined to determine a level of risk. The main tasks include identifying of causes and sources of risk. Measuring the size or strength of natural events has always been a challenge for natural scientists. Volcanic eruptions produce different types of products, have different durations and develop in time by different ways.

For detailed assessment of volcanic sources for Europe are used the Smithsonian Institution's Global Volcanism Program (GPV) catalogue of Holocene USGS, USA. The GVP reports on current eruptions from active volcanoes around the world and maintains a database repository on historical eruptions over the past 10,000 years.

The analyses of all possible sources of volcanic ash, which may impact to Bulgarian airspace, are 37 sources. In fact, for 25 of them there are fully recorded records. For scope of this research are used all records from A.D. to 2016. The number of all eruption in Europe for this period is 533. As the feeble explosive eruptions are classified 417 as well as the intense are 59 eruptions. The results include only classified examples with VEI 1 to VEI 7, despite existing 21 examples with VEI 0.

The risk assessment of volcanic ash contamination of Bulgarian airspace is a fundamental research based on a probabilistic risk assessment of natural hazards such as volcanic eruption, together with an examination of dispersion of volcanic ash in the atmosphere by prevailing winds. Based on the aviation flow management, the impact on the air traffic for the specific region and time of exposure has been assessed applying different methods for risk analysis.

The most effective method for evaluating the sequence of potential accident scenario is the graphical, tree-like presentation of events in which branches are logical steps from a general prior event through increasingly specific subsequent events (intermediate outcomes) to final outcomes. Constructing Event Trees for volcanic crises shows the progressive development of different scenarios and possible outcomes from volcanic unrest and impact to critical infrastructure.. An estimation of the rate at which volcanic ash load decays with distance from the source, as a function of magnitude, eruptive column height, duration, dispersal model and wind speed are required for the stochastic set of events under consideration.

The classification for identification of the synoptic weather conditions is based on the Objective Grosswetterlagen Catalogue adapted from the Hess-Brezowsky (HB) classification of circulation patterns. Based on the mean air pressure distribution (sea level and 500 hPa level) over the North Atlantic Ocean and Europe, the classification initially identifies three groups of circulation types (zonal, mixed and meridional), which are divided into 5 major types (westerly circulation types, southerly circulation types, northwesterly and northerly circulation types, northeasterly and easterly circulation types, main high/low pressure area over Central Europe). The last years, studies concerning the circulation type classifications were developed within COST Action 733 “Harmonization and Applications of Weather Types Classifications for European Regions” whose main objective is to: “achieve a general numerical method for assessing, comparing and classifying weather situations in Europe, scalable to any European (sub) region with time scales between 12 h and 3 days and spatial scales from 200 to 2,000 km, applicable for a number of situations”.

Frequencies for types of weather circulation for a region of interest applied for the current research have been calculated over the period from 01.01.2014 to 31.07.2017. The methodology for the calculation about frequency of different weather types circulation is based on a daily subjective analysis and expertise of GFS numerical model data for the sea level pressure and 500 hPa Geopotential height. All closed isobars with mean sea level pressure (MSLP) equal to or lower than 1,015 hPa were counted by statistics on a daily basis for the whole researched period. The results and conclusions have been made for all seasons. The monthly occurrence frequency was computed by dividing the number of cyclones or anticyclones counted during one month of a certain year by the total number of cyclones/anticyclones from the analyzed interval. The majority of them being of the mesoscale type with lifecycle from 3 to 5 days.

The risk assessment of sources of volcanic ash and identifying of different scenarios in case of presence of volcanic ash into Bulgarian airspace is one of the most important tasks for research.

The risk assessment of sources of volcanic ash and identifying of different scenarios in case of presence of volcanic ash is one of the most important tasks for aviation community.

The risk mitigation as result of assessment must include clearly definable threat scenarios and must define recommendations to persons dealing with the risk for real actions for organization of airspace, training the staff and other forms of mitigations.